

Tinjauan Literatur : Analisis Media Pendingin *Hot Forging* Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Pisau Baja

Agustian Prihantoro¹, Sri Hastuti^{2*}, Narenda Putra Fadilah³, M Nadzif Mubarak⁴, Rico Aulia Ramadhan⁵, dan Dihan Fahreza⁶

^{1,2}Fakultas Teknik, Universitas Tidar, Jalan Kapten Suparman 39 Potrobangsari, Magelang Utara, Jawa Tengah 561156

¹agustianprihantoro@gmail.com / hastutisrimesin@untidar.ac.id^{2*}

Keywords: *Forging, Violence, Cooling Media, Heat Treatment, Microstructure*

Abstract

The cooling process in the final stage of hot forging, which critically determines the hardness and microstructure quality of steel, especially in the manufacture of knives that require a combination of hardness and toughness. The study aims to analyze the effect of various cooling media on the mechanical properties and microstructure of steel through a systematic literature review approach. The method used is a systematic literature review by examining scientific studies related to the relationship between cooling rate, phase transformation, and the mechanical properties of steel after heat treatment. The review results show that cooling media with high cooling rates, such as water, can produce the highest hardness values but may cause cracks due to thermal stress, while oil provides a more stable martensitic structure without significant defects. Alternative media like banana stem sap and sodium hydroxide-based solutions also show increased hardness with variations in toughness influenced by concentration and heating parameters. Overall, this review confirms that selecting the right cooling medium is very important to achieve optimal knife quality and can serve as a basis for developing more standardized heat treatment processes in the metal manufacturing field.

Kata kunci: *forging, kekerasan, media pendingin, perlakuan panas, struktur mikro*

Abstrak

Proses pendinginan pada tahap akhir hot forging yang sangat menentukan kualitas kekerasan dan struktur mikro baja, khususnya pada pembuatan pisau yang membutuhkan kombinasi sifat keras namun tetap tangguh. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh berbagai media pendingin terhadap karakteristik mekanik dan struktur mikro baja melalui pendekatan tinjauan literatur secara sistematis. Metode yang digunakan adalah systematic literature review dengan menelaah penelitian ilmiah terkait hubungan antara laju pendinginan, perubahan fasa, serta sifat mekanik baja setelah perlakuan panas. Hasil kajian menunjukkan bahwa media pendingin dengan laju pendinginan tinggi, seperti air, mampu menghasilkan nilai kekerasan tertinggi namun berpotensi menimbulkan retak akibat tegangan termal, sedangkan oli memberikan struktur martensit yang lebih stabil tanpa cacat signifikan. Media alternatif seperti getah batang pisang dan larutan berbasis natrium hidroksida juga menunjukkan peningkatan kekerasan dengan variasi ketangguhan yang dipengaruhi konsentrasi dan parameter pemanasan. Secara keseluruhan, hasil tinjauan ini menegaskan bahwa pemilihan media pendingin yang tepat sangat penting untuk mencapai kualitas pisau yang optimal dan dapat menjadi dasar pengembangan proses perlakuan panas yang lebih terstandarisasi di bidang manufaktur logam.

PENDAHULUAN

Baja karbon menengah dan tinggi banyak digunakan sebagai bahan pembuatan pisau, pegas daun mobil, dan komponen teknik lainnya karena memiliki kekuatan dan kekerasan yang tinggi setelah perlakuan panas. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*) merupakan jenis baja dengan kandungan karbon sekitar 0,60–1,5%. Baja ini memiliki karakteristik sangat keras namun cenderung kurang ulet. Material tersebut umum digunakan pada komponen seperti rel kereta api, palu, serta baut atau sekrup kendaraan. Untuk meningkatkan kekuatan baja ini, dapat dilakukan perlakuan panas (Muhyi et al., 2023)

Perlakuan panas merupakan proses yang melibatkan pemanasan dan pendinginan logam atau paduan dalam kondisi padat untuk memperoleh sifat tertentu. Kecepatan pendinginan serta rentang temperatur menjadi faktor yang sangat berpengaruh dalam proses ini. Struktur mikro yang terbentuk setelah perlakuan panas akan menentukan sifat akhir material. Pembentukan struktur mikro tersebut tidak hanya bergantung pada komposisi kimianya, tetapi juga dipengaruhi oleh jenis perlakuan panas yang diberikan serta kondisi awal material (Saktisahdan et al., 2019). Proses heat treatment terutama *hardening* dan *quenching* sangat memengaruhi perubahan sifat mekanik seperti kekerasan, keuletan, ketangguhan, serta struktur mikro yang terbentuk.

Proses tempa (*forging*) adalah salah satu metode pembentukan logam (metal forming) yang dilakukan dengan mengubah bentuk benda kerja melalui pemberian gaya dari luar hingga material mengalami deformasi plastis (Siahaan et al., 2023). Proses penempaan memberikan beberapa keuntungan, antara lain meningkatkan kekuatan material, menghasilkan struktur yang lebih padat dan seragam, mengurangi kebutuhan proses permesinan lanjutan, serta menghemat bahan karena limbah material lebih sedikit. Penempaan sendiri dapat dilakukan berdasarkan suhu pengerjaan, yakni melalui proses pengerjaan panas (*hot working*) maupun pengerjaan dingin (*cold working*)

Pemilihan media pendingin yang tepat dan pengendalian parameter pemanasan menjadi faktor penting untuk mendapatkan performa material yang ideal, khususnya untuk aplikasi yang membutuhkan kombinasi sifat keras namun tidak getas. Dalam industri praktis, termasuk pembuatan pisau sembelih dan komponen lainnya, sering digunakan metode perlakuan panas tradisional dengan media pendingin berbeda (air, oli, air garam, getah batang pohon pisang). Namun, hasil yang dicapai sering beragam dan tidak selalu optimal (Choliq & Adnyana, 2018).

Dengan demikian, tinjauan literatur ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi media pendingin terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro pisau hasil proses *hot forging*. Hal ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi media pendingin yang paling efektif untuk meningkatkan performa material pisau serta menjadi referensi bagi pengembangan proses *heat treatment* yang lebih terstandarisasi.

METODE

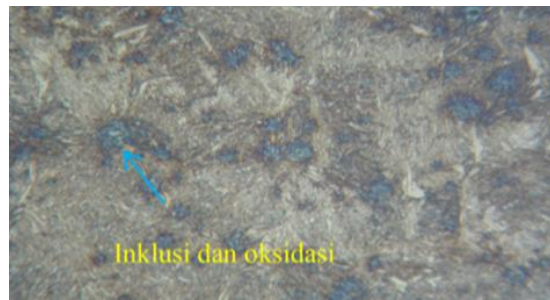
Metode penelitian ini menggunakan pendekatan *systematic literature review* (SLR). *Systematic Literature Review* adalah istilah yang biasa digunakan untuk sebuah metodologi pada penelitian atau riset tertentu, pengembangan ini dilakukan untuk mengumpulkan dan mengevaluasi penelitian yang terkait pada fokus topik tertentu (Putri & Suharso, 2023). Dalam melaksanakan suatu kajian, peneliti perlu memahami penelitian secara menyeluruh. *Systematic Literature Review* merupakan metode yang terkait dengan peninjauan pustaka sesuai pertanyaan penelitian yang ingin dijawab. Proses ini dilakukan secara sistematis dengan mengidentifikasi, memilih, dan mengevaluasi literatur yang relevan sebagai dasar pembahasan (ten Ham-Baloyi &

Jordan, 2016). Pada penelitian ini, SLR digunakan untuk mengkaji pengaruh variasi media pendingin pada proses hot forging terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro pisau berbahan baja. Penelitian dilakukan secara kualitatif deskriptif dengan mengumpulkan dan menganalisis literatur ilmiah yang relevan dari berbagai sumber. Pencarian literatur dilakukan melalui basis data akademik seperti *Google Scholar*, *ScienceDirect*, dan *ResearchGate* dengan menggunakan kata kunci “*hot forging*”, “*quenching media*”, “*cooling rate*”, “*heat treatment steel*”, “*hardness*”, dan “*microstructure of forged steel*”. Literatur yang dipilih harus memenuhi kriteria inklusi, yaitu membahas proses forging atau heat treatment baja, mengulas pengaruh media pendingin terhadap sifat mekanik atau struktur mikro, tersedia dalam teks lengkap, dan berasal dari sumber ilmiah terverifikasi. Setelah literatur dikumpulkan, dilakukan proses ekstraksi data dengan mengidentifikasi informasi utama seperti jenis media pendingin, parameter proses, nilai kekerasan, serta perubahan struktur mikro. Selanjutnya, sintesis data dilakukan secara naratif untuk membandingkan temuan penelitian dan mengidentifikasi pola hubungan antara media pendingin, laju pendinginan, transformasi fasa, dan sifat mekanik baja. Tahapan metodologi ini memastikan bahwa proses peninjauan dilakukan secara sistematis, terstruktur, dan mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai penelitian terdahulu serta celah pengetahuan yang perlu dikaji lebih lanjut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

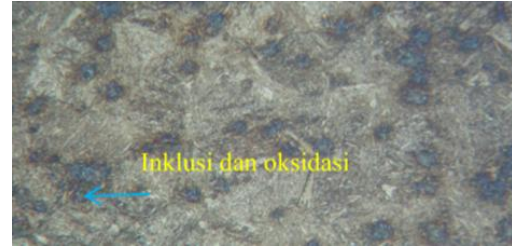
Pada penelitian yang dilakukan oleh (Choliq & Adnyana, 2018), proses *heat treatment* setelah *hot forging* dilakukan dalam beberapa tahapan meliputi pemanasan awal, pemanasan hingga temperatur austenitisasi, serta pendinginan menggunakan media air, oli dan batang pisang. Pada proses quenching dengan media air, oli dan getah batang pisang menunjukkan semua sampel pegas yang berbahan baja karbon medium dengan paduan $< 8\%$ mengalami peningkatan nilai kekerasan dengan satuan kekerasan *Vickers*. Pegas A hasil heat treatment dengan media pendingin air mengalami peningkatan nilai kekerasan menjadi rata rata 771HV, kemudian dengan media pendingin oli meningkat nilai kekerasannya menjadi rata rata 748HV dan media pendingin getah batang pohon pisang menjadi 725HV. Sementara pegas B dari semula 460 HV dengan media pendingin air meningkat nilai kekerasannya menjadi rata rata 757HV, kemudian dengan media pendingin oli menjadi 747HV nilai kekerasannya, sedangkan dengan media pendingin getah pohon pisang nilai kekerasannya 734HV. Media pendingin air menjadi media yang menghasilkan nilai kekerasan paling tinggi dari pegas A yang awalnya nilai kekerasan *raw material* rata rata 419HV meningkat sebesar 352HV menjadi 771HV, kemudian disusul dengan media pendingin oli pada urutan kedua dan media pendingin getah pohon pisang pada posisi ketiga dalam kaitannya dengan peningkatan nilai kekerasan *raw material*.

Penelitian yang dilakukan (Choliq & Adnyana, 2018) menunjukkan struktur mikro yang terbentuk akibat proses *heat treatment* yang dilakukan, Proses heat treatment pada pegas daun mobil A meliputi austenitisasi pada $805,7^{\circ}\text{C}$, pendinginan cepat dalam air, dan tempering pada $206,9^{\circ}\text{C}$ (Gambar 1a) serta pada pegas daun mobil B dengan austenitisasi $810,7^{\circ}\text{C}$, quenching air, dan tempering $236,1^{\circ}\text{C}$ (Gambar 1b), menghasilkan mikrostruktur berupa martensit disertai austenit sisa. Setelah perlakuan panas, inklusi pada kedua sampel terlihat lebih menonjol. Sampel pegas A yang mengalami *quenching* menggunakan air serta sampel pegas B yang juga didinginkan cepat dengan media air sama-sama memperlihatkan retak intergranular. Pengamatan dilakukan menggunakan etsa nital 2% dengan pembesaran $500\times$.



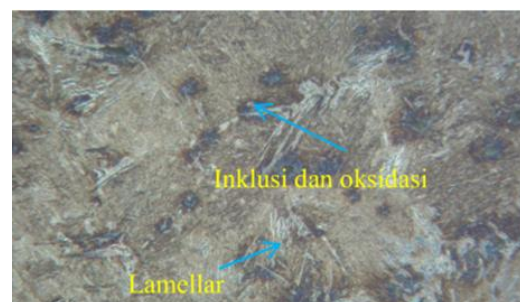
Gambar 1a. Struktur Mikro Pegas A Celup Air Gambar 1b. Struktur Mikro Pegas B Celup Air

Hasil perlakuan panas pada pegas daun A meliputi austenitisasi pada $802,6^{\circ}\text{C}$, *quenching* dalam oli, dan *tempering* pada $218,6^{\circ}\text{C}$ (Gambar 2a) serta pada pegas B dengan austenitisasi $817,8^{\circ}\text{C}$, pendinginan oli, dan *tempering* pada $230,6^{\circ}\text{C}$ (Gambar 2b), menunjukkan bahwa keduanya memiliki mikrostruktur martensit dengan austenit sisa (berwarna putih) tanpa terbentuk retakan. Inklusi dan oksida pada kedua sampel tetap terlihat jelas setelah proses *heat treatment*. Pengamatan dilakukan menggunakan etsa nital 2% dengan pembesaran $500\times$.



Gambar 2a. Struktur Mikro Pegas A Celup Oli Gambar 2b. Struktur Mikro Pegas B Celup Oli

Perlakuan panas pada pegas daun mobil A, dengan austenitisasi pada $803,4^{\circ}\text{C}$, pendinginan menggunakan getah pisang, serta *tempering* pada $219,7^{\circ}\text{C}$ (Gambar 3a), dan pada pegas daun mobil B yang diaustenitisasi pada $806,1^{\circ}\text{C}$, didinginkan dalam getah pisang, lalu ditemper pada $230,1^{\circ}\text{C}$ (Gambar 3b), menghasilkan mikrostruktur martensit disertai struktur lamellar (kombinasi ferit–perlit–bainit). Inklusi pada kedua sampel masih terlihat, dan tidak ditemukan adanya retak. Pengamatan dilakukan pada perbesaran $500\times$.



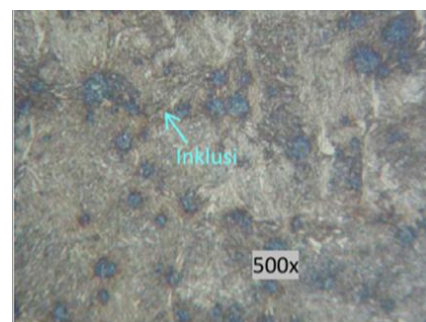
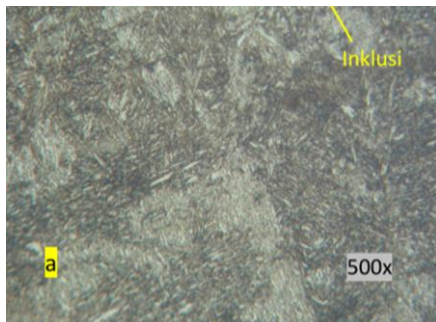
Gambar 3a. Struktur Mikro Pegas A
Celup Getah Pohon Pisang

Gambar 3b. Struktur Mikro Pegas
Celup Getah Pohon Pisang

Sampel pegas A dan B memiliki matriks martensit temper, yang setelah proses *hardening* berubah menjadi martensit dengan sedikit austenit sisa. Retak intergranular terlihat pada sampel yang mengalami *quenching* menggunakan air. Sementara itu, sampel yang didinginkan dengan

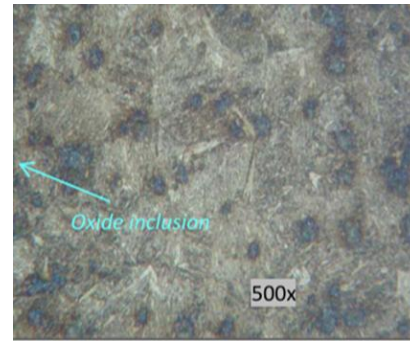
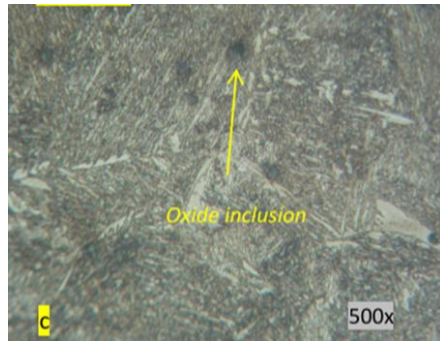
getah batang pisang membentuk mikrostruktur martensit dan lamelar, yaitu campuran ferit dan perlit. Dari ketiga media quenching yang digunakan, oli merupakan media paling sesuai untuk pegas A dan B karena menghasilkan struktur mikro yang didominasi martensit meskipun masih terdapat austenit sisa namun tanpa menyebabkan terbentuknya retak.

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh (Cholique, 2020) dibuat dua buah pisau dengan material *medium carbon steel*. Media *quenching* berupa air dan oli mesin sebanyak 15 liter dengan temperatur 30°C. Temperatur austenisasi $\pm 800^{\circ}\text{C}$, *holding time* 15 detik, temper $\pm 230^{\circ}\text{C}$, *holding time* 15 detik, bilah pisau dibuat dengan beberapa kali pemanasan dan penempaan. Setelah itu dua sampel dicelupkan pada media media pendingin berupa air sebanyak 15 liter dengan suhu 30°C dan oli 15 liter dengan suhu 30°C. Setelah didinginkan dengan air dan oli, sampel dihitung nilai kekerasannya dengan satuan vickers. Nilai kekerasan awal raw material pegas X menunjukkan rata rata 419HV, setelah didinginkan dengan air nilai kekerasannya meningkat menjadi 748HV, sedangkan dengan media oli juga meningkat menjadi 748HV juga. Kemudian pada raw material pegas Y yang nilai kekerasan awalnya rata rata 460HV meningkat menjadi 757HV dengan media pendingin air, sedangkan dengan oli meningkat nilai kekerasannya menjadi 747HV. Maka air menjadi media yang dapat meningkatkan nilai kekerasan yang tinggi dibandingkan dengan oli dengan nilai peningkatan nilai kekerasan pada pegas X rata rata 329HV dan pegas Y rata rata 297HV dibandingkan oli yang pada pegas X rata rata 329HV dan pada pegas Y rata rata 287HV. Struktur mikro yang didapatkan pada penelitian (Cholique, 2020) Pegas daun mobil X (Gambar 4a) dan pegas daun mobil Y (Gambar 4b) yang mengalami quenching menggunakan air, diamati pada pembesaran 500 $\times$ dengan etsa nital 2%, menunjukkan mikrostruktur martensit disertai austenit sisa. Inklusi berupa bintik berwarna gelap pada kedua sampel, serta area oksidasi berwarna abu-abu terang di sekelilingnya, tampak semakin jelas setelah proses *heat treatment*, etsa, dan pencucian.



Gambar 4a Struktur Mikro Pegas X Celup Air Gambar 4b Struktur Mikro Pegas Y Celup Air

Hal yang sama terlihat pada hasil perlakuan panas pegas daun X (Gambar 5a) dan pegas daun Y (Gambar 5b) yang diquench menggunakan oli. Pada pembesaran 500 $\times$ melalui mikroskop, tampak mikrostruktur martensit dengan austenit sisa berwarna putih. Inklusi serta indikasi awal korosi di area sekitarnya terlihat jelas dan tersebar merata.



Gambar 5a Struktur Mikro Pegas X Celup Oli Gambar 5b Struktur Mikro Pegas Y Celup Oli

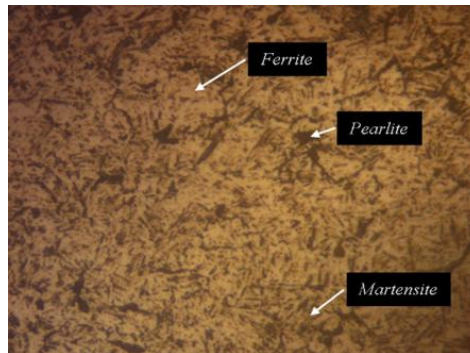
Heat treatment pada pegas daun mobil X dan Y, baik menggunakan media quench air maupun oli, sama-sama menghasilkan mikrostruktur martensit dengan austenit sisa. Namun, terdapat perbedaan penting pada kondisi permukaan dan kemungkinan cacat materialnya. Pada *quench* air, inklusi dan oksidasi terlihat lebih mencolok setelah etsa menunjukkan bahwa media ini cenderung meningkatkan ketegangan termal yang dapat memperjelas cacat permukaan. Sementara itu, quench oli menghasilkan struktur martensit yang serupa tetapi dengan distribusi inklusi dan potensi korosi yang lebih merata dan tanpa indikasi retak.

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh (Adzima et al., 2023) menguji beberapa variabel, yaitu ketangguhan impak, tingkat kekerasan, serta struktur mikro pada baja karbon menengah. Suhu austenitisasi divariasikan pada tiga tingkat, yakni 800 °C, 850 °C, dan 900 °C. Waktu penahanan (*holding time*) juga diubah menjadi 15 menit, 20 menit, dan 25 menit. Selain itu, variasi konsentrasi larutan NaOH yang digunakan adalah 15%, 20%, dan 25%. Nilai kekerasan awal dari raw material rata-rata 10HRC, setelah dilakukan perlakuan panas dengan suhu 800 °C dengan konsentrasi NaOH 15% menunjukkan nilai kekerasan rata-rata 45,88HRC. Pada suhu 800 °C dengan *holding time* 15 menit dan konsentrasi NaOH 20 % didapatkan nilai kekerasan rata-rata 45,88HRC, kemudian dengan variasi *holding time* 20 menit dengan konsentrasi NaOH 15% dan 25% didapatkan nilai kekerasan rata-rata 46,33HRC dan 53,55HRC. Kemudian pada *holding time* 25 menit dengan konsentrasi NaOH 25% nilai kekerasan rata-rata 54,33HRC.

Pada suhu 850 °C dengan *holding time* 15 menit serta konsentrasi NaOH 15% dan 25% nilai kekerasan rata-rata 46,77HRC serta 52,99HRC. Sedangkan pada variasi *holding time* 20 menit dengan konsentrasi NaOH 20% didapatkan nilai kekerasan rata-rata 56HRC. Lalu pada variasi *holding time* 25 menit, konsentrasi NaOH 15% dan 25% didapatkan nilai kekerasan rata-rata 54,66HRC serta 60,55%.

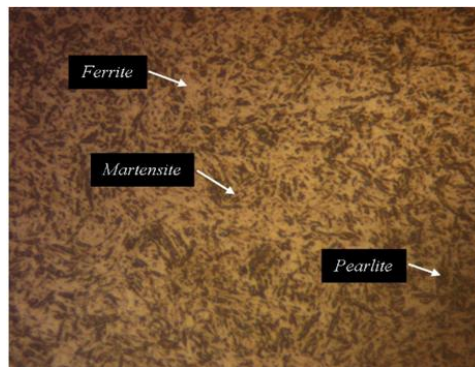
Pada 900 °C dengan *holding time* 15 menit, konsentrasi NaOH 20% menghasilkan nilai kekerasan rata-rata 58,33HRC. Kemudian dengan *holding time* 20 menit konsentrasi NaOH 15% dan 25% dihasilkan nilai kekerasan rata-rata 57,11HRC dan 64,33HRC. Sedangkan dengan *holding time* 25 menit dengan konsentrasi NaOH 20% didapatkan nilai kekerasan rata-rata 63,22HRC. Maka dengan peningkatan suhu pemanasan, waktu penahanan, dan konsentrasi NaOH cenderung meningkatkan nilai kekerasan baja.

Hasil struktur mikro yang didapatkan pada penelitian (Adzima et al., 2023), sampel yang diambil yaitu sampel nomor 1, 24, dan 35. Beberapa sampel tersebut diambil berdasarkan tingkat kekerasan dan variasi pada faktornya. Berikut adalah gambar dari masing-masing sampel.



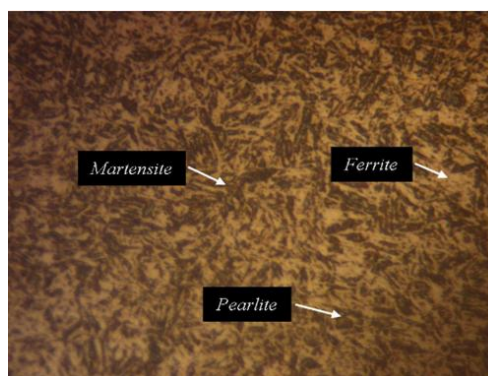
Gambar 6. Baja no 1 (800 °C, 15', 20%) 44 HRC)

Dari pengujian struktur mikro baja nomor satu didapatkan nilai ferrite sebesar 57%, pearlite 9% dan martensite sebesar 34%.



Gambar 7. Baja no. 24 (850 °C, 25', 15%) 56 HRC

Dari pengujian struktur mikro baja nomor 24 didapatkan nilai ferrite sebesar 46%, pearlite 15% dan martensite sebesar 39%.



Gambar 8. Baja no. 35 (900 °C, 20', 25%) 66 HRC

Dari pengujian struktur mikro baja nomor 35 didapatkan nilai ferrite sebesar 39%, pearlite 18% dan martensite sebesar 43%. Dari masing-masing sifat mekanik terlihat bahwa adanya pengaruh yang signifikan dari variasi konsentrasi NaOH sebagai media quenching baja. Semakin

tinggi konsentrasi NaOH maka semakin tinggi tingkat kekerasan dan semakin rendah ketangguhan impak dari baja tersebut.

KESIMPULAN

Tinjauan literatur sistematis ini menyimpulkan bahwa pemilihan media pendingin pada proses hot forging baja secara signifikan memengaruhi kekerasan dan struktur mikro pisau, dengan air menghasilkan kekerasan tertinggi melalui laju pendinginan cepat yang membentuk martensit dominan meskipun berisiko retak termal, sementara oli memberikan struktur martensit stabil tanpa cacat signifikan, dan media alternatif seperti getah batang pisang atau larutan NaOH meningkatkan kekerasan dengan variasi ketangguhan. Secara teoritis, penelitian ini memperkaya pemahaman tentang transformasi fasa dan hubungan laju pendinginan dengan sifat mekanik baja karbon menengah hingga tinggi, mengonfirmasi peran *quenching* dalam mengoptimalkan kombinasi kekerasan dan ketangguhan. Kontribusi praktisnya terletak pada rekomendasi media pendingin terstandarisasi untuk manufaktur pisau dan komponen serupa, yang dapat mengurangi variabilitas hasil heat treatment tradisional serta menjadi dasar inovasi proses industri logam yang lebih efisien dan andal.

REFERENSI

- Adzima, A. R. N., Pandiatmi, P., & Sulistyowati, E. D. (2023). *Optimasi Ketangguhan Impak dan Kekerasan Baja Karbon Menengah Sebagai Bahan Pisau Dapur Pada Proses Heat Treatment Menggunakan Metode Response Surface Optimization of Toughness and Hardness Medium Carbon Steel As Kitchen Knives Material In Heat Treatment Process Using the Response Surface Method*.
- Choliq, A. (2020). *PENGARUH PENEMPAAN BERULANG TERHADAP KEPADATAN STRUKTUR MIKRO DAN POTENSI KOROSI PADA PISAU SEMBELIH TERNAK*.
- Choliq, A., & Adnyana, D. N. (2018). Optimalisasi Heat Treatment pada Proses Daur Ulang Pegas Daun Mobil untuk Pembuatan Pisau Sembelih Rumah Pemotongan Hewan. *Journal of Technical Engineering: Journal of Technical Engineering: Piston*, 2(1), 27–37.
- Muhyi, A., Ramadhanty, N., Pujiyulianto, E., Rajagukguk, K., & Paundra, F. (2023). Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Pada Perlakuan Panas Terhadap Struktur Mikro Dan Nilai Kekerasan Fully Pearlitic Steel. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 12(2). <https://doi.org/10.24127/trb.v12i2.2567>
- Putri, F. R., & Suharso, A. (2023). SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW PENGGUNAAN METODOLOGI PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI. *INFOTECH Journal*, 9(2), 377–382. <https://doi.org/10.31949/infotech.v9i2.6270>
- Saktisahdan, T. J., Asahan, U., Yani, J. J. A., Fax, T. /, & Mesin, P. T. (2019). PENGARUH PROSES HEAT TREATMENT TERHADAP PERUBAHAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON RENDAH. In *Jurnal Laminar* (Vol. 1, Issue 1).
- Siahaan, M. Y. R., Siregar, R. A., Tanjung, F. A., & Saktiawan, A. (2023). Analisis Karakteristik Bahan Tembaga Akibat Pengaruh Proses Penempaan Terhadap Kekuatan Impak. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 6(1). <https://doi.org/10.30596/rmme.v6i1.13709>

Ten Ham-Baloyi, W., & Jordan, P. (2016). Systematic review as a research method in post-graduate nursing education. In *Health SA Gesondheid* (Vol. 21, pp. 120–128). AOSIS OpenJournals Publishing AOSIS (Pty) Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.hsag.2015.08.002>